

HMF방식을 이용한 전기자동차용 양방향 배터리 충전기

박승희, 김승주, 유광민, 이준영
명지대학교 전기공학과

Bidirectional Battery Charger for EV Using HMF

Seung Hee Park, Seung Joo Kim, Kwang Min Yoo, Jun young Lee
Department of Electrical Engineering, Myongji University

ABSTRACT

최근 하이브리드 및 전기자동차에 대한 관심이 높아지는 가운데 전기자동차용 배터리 충전기술 또한 대두 되고 있다. 본 논문은 충전 기능 만을 고려한 단방향 충전시스템에서 방전 기능을 추가한 양방향 충전시스템에 대하여 서술한다. 양방향 시스템은 차량의 배터리를 저장매체로 활용하여 계통과 배터리간의 전력을 양방향으로 전달할 수 있기 때문에 주차된 차량등의 배터리의 잉여전력을 계통으로 전송 할 수 있다. 용량은 가정용으로써 3.3kW 탑재형 단상 양방향 충/방전기에 대한 시뮬레이션과 실험을 통해 결과를 도출했다.

1. 서론

최근 에너지 고갈과 환경문제로 대두 되고 있는 부분은 크게 전기자동차 분야와 신재생 에너지 분야이다. 전기자동차의 단점으로는 일 평균 오랜시간 정차로 인한 배터리의 사용률이 낮다는 점이다. 하루 중 가장 전력의 수요가 많은 시간에는 계통과 연결 되어있는 전기자동차 배터리의 에너지를 계통에 공급해 주고 배터리에 에너지가 부족할 시에는 다시 계통에서 배터리로 에너지를 공급해 주는 스마트 그리드기술에 필요한 기술이라고 할 수 있다. 전기자동차용 충전기는 디지털제어기의 ISR점유를 때문에 제어가 간단해야 하기 때문에 DCM모드를 사용하여 충방전 동작을 수행하도록 하였다.

충전기는 충전 속도, 충전기의 위치, 충전 방식에 따라 종류가 분류 되는데 본 논문에서는 탑재형, 고효율, 완충식 양방향 AC DC충전기를 제안 실험적으로 검증한다.

2.본론

그림 1은 양방향 배터리 충전기의 전체 회로도이다. 여기서 PWM 정류기는 AC 입력을 전파 정류하는 역할을 한다. 양방향 동작이 가능하도록 다이오드 정류기가 아닌 Mosfet를 사용한 PWM 정류기를 사용하였다.

단상 PLL을 통해 입력전압과 동상인 sine파를 만들어 PWM정류기 제어를 함으로서 입력 전압 센싱 노이즈에 의해 오동작 할 수 있는 점을 보완하였다.

LLC 공진형 컨버터는 스위칭 주파수와 공진 주파수를 같게 설계하여 ZVS 스위칭으로 스위칭 손실을 최소화 하였다. 입력 파위는 트랜스포머의 권선비에 의해 피크 200V정도의 정

류된 전압으로 강압하는 역할과 계통과 배터리와의 절연 기능을 가지고 있다.

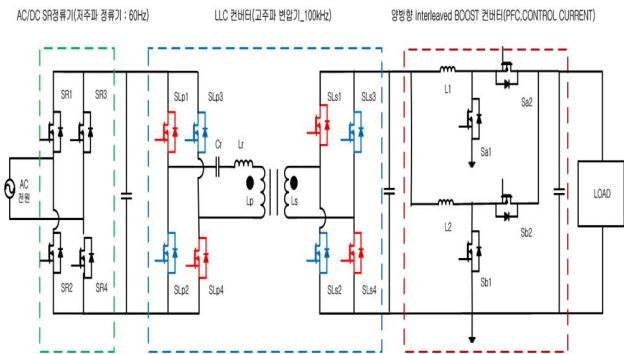


그림 1 제안한 회로도

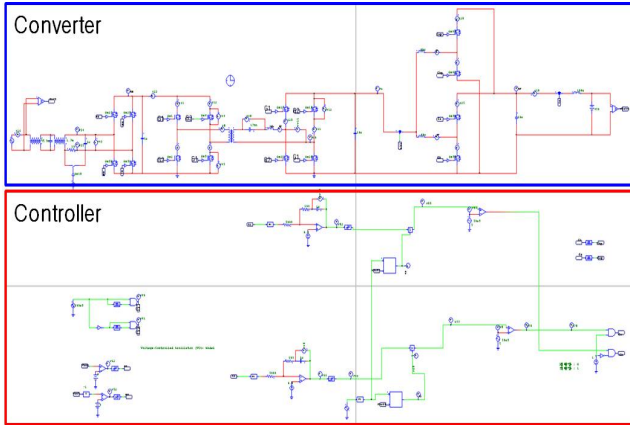
Interleaved Boost 컨버터는 LLC 컨버터의 정류된 Link 전압을 입력으로 받아 전류를 통해 배터리의 전력을 충방전 하는 역할을 한다. DCM모드 방식을 사용하면 고역률을 얻을 수 없기 때문에 본 논문에서는 출력전류 제어만을 하면서 DCM에서의 고역률을 얻을 수 있는 HMF(Harmonic Modulation Factor) 기법을 사용하였다. HMF기법은 Boost 인덕터 전류의 평균과 Link단의 평균 전류가 같다는 전제로 하여 식을 정리하면

$$D = \frac{2L \times 2P}{T_s \times V_{link, pk}^2} \times \sqrt{1 - \frac{V_{link, pk}}{V_{batt}} |\sin \omega t|} = D_o \times HMF \quad \text{식(1)}$$

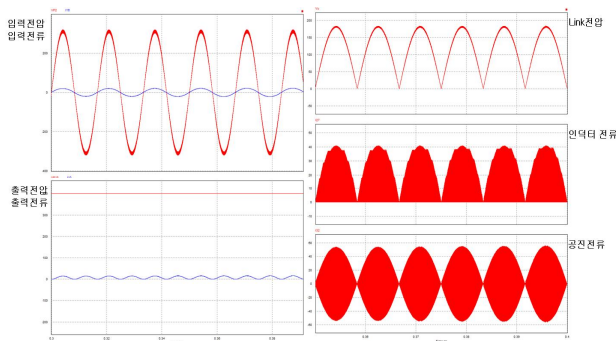
식(1)과 같이 정리가 되고 스위치에 인가하는 Duty가 이 식을 만족할 때 인덕터 전류와 Link단의 평균 전류가 같아지게 된다.

앞의 D_o 항은 제어기에서 결정되는 값이므로 뒤의 HMF항의 계산 값을 디지털제어기에서 나온 Duty에 곱하여 스위치에 인가하면 인덕터 전류를 센싱하지 않고도 PF제어가 가능하게 된다. 여기서 $\sin \omega t$ 는 입력전압과 동상인 PLL출력이다.

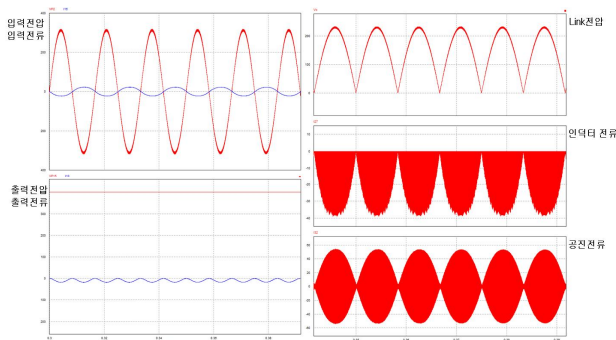
그림2는 시뮬레이션 회로도 및 파형이다. 시뮬레이션 조건은 입력 220Vac 출력 400Vdc이고 충방전 전류는 8A으로 3.3kW 부하이다. 파형을 통해 배터리와 계통간의 양방향 충방전 및 역률제어가 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다.



a) 시뮬레이션 회로도



b) 정방향 동작 파형



c) 역방향 동작 파형

그림 2 제한한 LLC 컨버터 시뮬레이션

3. 실험 결과

앞에서 구성한 내용을 바탕으로 양방향 배터리 충전기를 제작하고 실험을 통하여 성능을 입증하였다. 실험 사양 및 설계사양은 다음과 같다.

입력전압	220Vac
최대 입력전력	1.8kW (추후 3.3kW)
LLC 컨버터 동작 주파수	100kHz
Boost 컨버터 동작 주파수	50kHz

인덕터 사양		트랜스포머 사양	
L	40uH	Turn Ratio	1.5:1 (14:10)
Core	PQ4040	Core	EE6565
Turn	26 Turns	Lp(Lk_p)	100(30.6) μ H
Wire	0.12*300 mm	Ls(Lk_s)	50.6(16.2) μ H

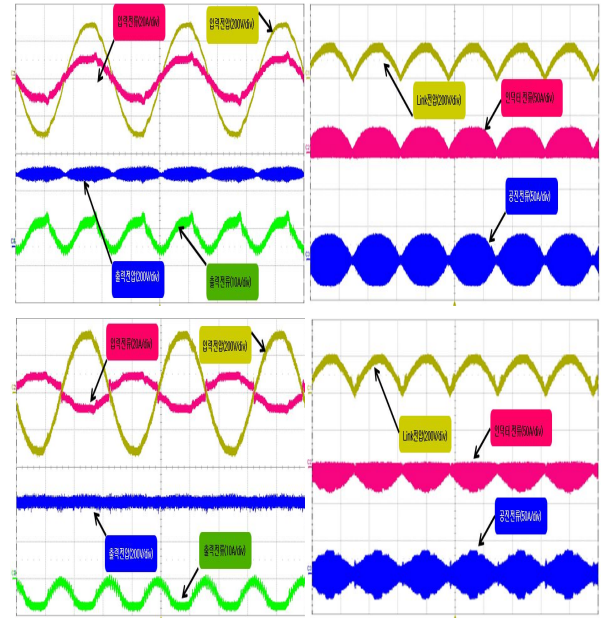


그림 3 제한한 LLC 컨버터 하드웨어 실험결과

그림 3은 실제 하드웨어 실험파형으로써 양방향 충전기 입/출력 전압/전류와 Link전압 인덕터 전류 공진전류를 측정된 파형이다. 현재는 1.8kW 부하 테스트 시 파형이고 추후 3.3kW까지 부하 테스트를 할 예정이다

충/방전 시에 시뮬레이션 파형과 같은 정상적인 운전을 수행하여 계통과 배터리간의 양방향 충/방전 동작을 검증하였다.

4. 결론

본 논문에서는 PWM정류기와 LLC, Interleaved Boost 컨버터를 연계한 방식의 양방향 계통 연계형 컨버터를 제안하였다.

기존의 충전 기능만을 담당하는 충전기에서 계통 연계형 양방향 시스템을 개발함으로써 스마트 그리드관련 기술에 적용할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (NO.20114010203030)

참고 문헌

- [1] 채형준, 윤수영, 문형태, 이준영 “전자자동차용 AC/DC 배터리 충전기” 2010년 정보 및 제어 학술대회(CICS '10)논문집, pp. 191-192
- [2] V. Rao, A. Jain, K.Reddy, A. Behal “Experimental comparison of Digital Implementations of Single Phase PFC Controllers”, IEEE Trans. Ind. Electron., VOL. 55, NO.1, pp. 67-78, Jan.2008.